

積雪と融雪を勘案した灰色低地土リンゴ園における硝酸態窒素の溶脱特性

Consideration of snow cover and snowmelt upon the nitrate nitrogen leaching characteristics of an apple orchard in a Gray lowland soil

○遠藤 明*・伊藤大雄*・加藤 幸*・加藤千尋*・佐々木長市*
Akira ENDO*, Daiyu ITO*, Koh KATO*, Chihiro KATO*, Choichi SASAKI*

1. はじめに

青森県は冬期間の降雪量が多いため、融雪後に施肥を行う「春肥」が施肥基準の中で推奨されている。その理由は、他県で実施されている秋肥を本県において実施すると、春先の融雪水により施肥窒素が土壌深部へと溶脱するためである。積雪地域の果樹生産では、秋肥および春肥の施用による硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) の浸透流出挙動の詳細は明らかにされていないため、樹園地における窒素循環機構の詳細が解明されていない。したがって、積雪地域の樹園地における窒素循環機構を明らかにすることにより、果樹の成育面と土壌の環境面の双方の観点から推奨可能な施肥体系や土壌管理技術を確立することが将来的に可能になると考えている。本報では灰色低地土のリンゴ園において、春先における積雪が気温に応じて融雪水となる条件を考慮し、数値計算により土壌中の $\text{NO}_3\text{-N}$ の時空間的動態と溶脱挙動を推定することを目的とした。そして、積雪による降水の地表面貯留と融雪を勘案した上で土壌中の $\text{NO}_3\text{-N}$ の時空間的動態を数値解析的に把握し、青森県内のリンゴ栽培における秋肥の必要性を検討したのでここに報告する。

2. 材料および方法

(1) リンゴ園土壌の調査地および土壌理化学性の測定項目

弘前大学農学生命科学部附属生物共生教育研究センター藤崎農場（青森県藤崎町）のリンゴ園において土壌断面を観察した後、深度 10, 30, 50, 70, 90, 100cm の 6 深度から不攪乱土と攪乱土を採取した。土壌理化学性を把握するため、不攪乱土を用いた基本的な土壌物理性（土粒子密度、三相分布、粒度分布など）の測定、変水位法による飽和透水係数の測定および加圧板法による保水性試験を行った。また、攪乱土壌の pH と EC を、それぞれガラス電極法と電気伝導率法により測定した。また、1:5 土壌水抽出液のアンモニウム態窒素（以下、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と記す）と硝酸態窒素（以下、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と記す）は、イオンクロマトグラフ法（ICS-90, Dionex）により定量した。また、リンゴ園土壌における無機態窒素の浸透流出量を定量するためには、土壌への吸着特性を勘案する必要がある。このため、各深度の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸着等温線を把握するために吸着試験を行った。

(2) リンゴ園土壌中の無機態窒素濃度の計算方法

はじめに、土壌理化学性の測定で得られた土壌水理特性パラメータと吸着等温式のパラメータの深度 z 依存特性を把握するため、線形補間法により定式化し数値計算に使用するパラメータ関数を作成した。本数理モデルは有限要素法汎用ソルバー（FlexPDE V6, PDE Solutions Inc）を用いて作成した。近似方程式を与える手段はガレルキン法、計算アルゴリズムは修正ニュートン・ラフソン反復法である。計算時間間隔 Δt は自動であり、本計算条件では $\Delta t = 1.0 \times 10^{-10} \sim 1.0 \times 10^{-3} \text{ d}$ を適用した。2012 年 1 月～2014 年 12 月の 3 年間における当リンゴ園土壌中の無機態窒素濃度の挙動を把握するため、図 1 に示した数理モデル（遠藤ら、2017）を用いて計算した。

3. 結果および考察

図 2 に各深度における無機態窒素の吸着等温線を示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸着等温線は、それぞれ Langmuir 型と Freundlich 型の吸着等温式

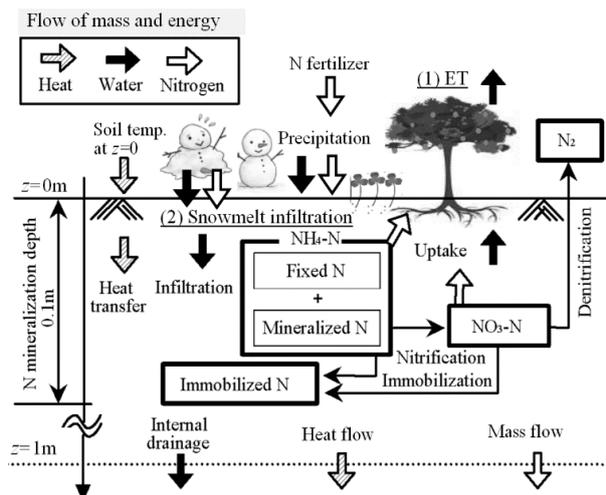


図 1 積雪と融雪を勘案した無機態窒素移動に関する数理モデルの概要

Schematic view of the model for calculating inorganic N in consideration of snowmelt infiltration of snow accumulation

*弘前大学農学生命科学部 *Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University

キーワード： リンゴ園，灰色低地土，硝酸態窒素，積雪および融雪，浸透流出，数値計算

を用いて表現した。NH₄-N の低濃度域 (0~5 mg/L 程度) における吸着等温線の傾きは図 2A に示したように 0.062~0.086 L/g であった。一方、NO₃-N の低濃度域 (0~10 mg/L 程度) の吸着等温線の傾きは、図 2B に示したように $6.10 \times 10^{-6} \sim 7.72 \times 10^{-5}$ L/g と非常に小さく、灰色低地土特有の硝酸吸着能の低さが改めて確認された。

施肥条件における 2012~2014 年の土壌間隙水の NO₃-N 濃度の等値線図等 (数値計算結果) を図 3 に示す。3 年間の地力窒素発現量と窒素固定量の計算結果は、それぞれ約 17 g/m² と約 30 g/m² となった。また、窒素吸収量については 3 年間で約 34 g/m² にのぼり、設定吸収量の 98% が吸収される計算結果が得られた。なお、本計算条件では 3 年間にわたる NH₄-N の吸収量はほぼゼロと非常に少ない計算結果が得られた。積雪と融雪の取り扱い方法を問わず、2012 年と 2014 年の 2 ヶ年において、春肥由来の NO₃-N が 7~8 ヶ月かけて深度 1 m 付近まで溶脱する傾向にあった。一方、2013 年ではこのような傾向が認められず、春肥由来の NO₃-N が約 5 ヶ月半かけて深度 1m 付近まで溶脱する傾向が示された (図 3C)。この理由は、2012 年と 2014 年の降雨に起因する浸透水量がそれぞれ 871 mm と 948 mm であったのに対し、2013 年では 1,237 mm と約 1.3~1.4 倍多かったことによるものと考えられる (図 3A)。また、無施肥条件においても春先までの間に土層に残留していた NO₃-N が 3~4 月にわたる融雪水によって短期間のうちに溶脱する傾向が認められた。したがって、同様の気象条件下にある当該圃場と同様の土壌特性を持つ積雪地の灰色低地土リング園においては、秋肥由来の窒素成分が翌春の花芽および新梢の初期成育を促進させる役割を担わないものと推定される。

4. おわりに

積雪と融雪を勘案した条件では 11 月下旬~翌年 3 月上旬の NO₃-N が地表面~深度 40~60 cm 付近において 20mg/L 程度、深度 70 cm 以深において 10mg/L 未満で推移するなど、積雪と融雪は NO₃-N の推定結果に大きく影響することが示された。このことから、冬期の積雪と春先の融雪を数理モデルに適切に組み入れることにより土層内の NO₃-N の挙動を議論する必要があると考えられる。また、春先には樹液の流動が始まっており、養水分の吸収が行われている。この根群域に残存している NO₃-N は 3 月上旬からの融雪水により、下方へと一挙に浸透流出する計算結果が示されたことから、消雪後はすみやかに春肥を施用することが望ましいと考えられる。

謝辞: 本研究は日本学術振興会 科学研究費補助金 (基盤研究 C, 課題番号 16K07932) の助成を受け実施したので謝意を表す。

引用文献:

遠藤 明, 伊藤大雄, 加藤 幸, 加藤千尋, 佐々木長市 (2017): 積雪および融雪を勘案した灰色低地土リング園における無機態窒素の浸透流出特性, 農業農村工学会論文集, 305, 1_221-1_231.

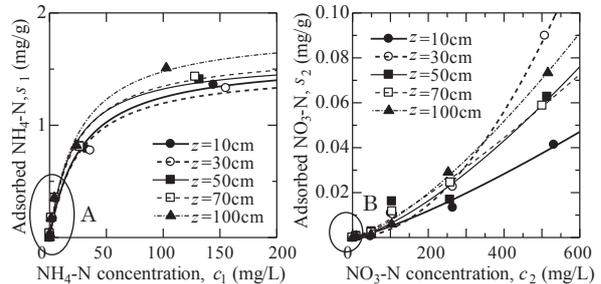
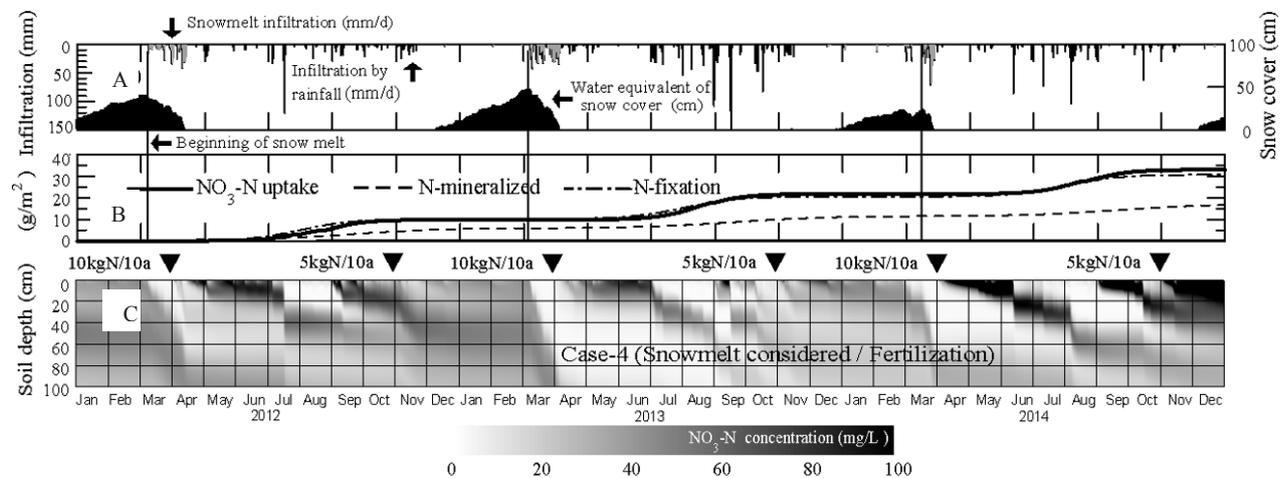


図 2 各深度における無機態窒素の吸着等温線
Adsorption isotherm of inorganic N at different soil depths



A: 地表面からの日浸透水量 (mm) と積雪水量 (cm), B: 実線は窒素吸収, 破線は地力窒素発現, 一点鎖線は窒素固定を表す, C: 積雪と融雪を勘案した NO₃-N 濃度の等値線図, ▼印は施肥のタイミングと量 (kgN/10a) を表す

図 3 施肥条件下における土壌間隙水中の NO₃-N 濃度の等値線図 (2012~2014 年)

Isoleths of NO₃-N concentration of pore water under fertilization conditions, from 2012-2014